

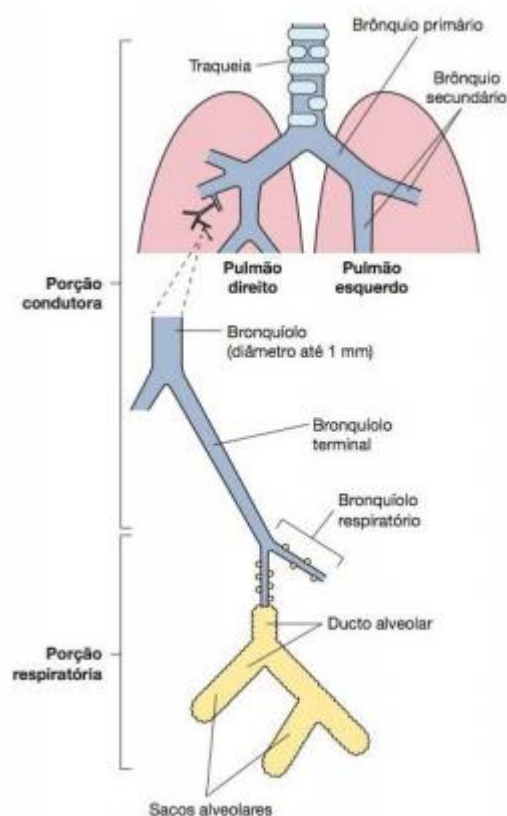
1. SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório tem como principal função a troca gasosa, consistindo na **captação de O₂ do ar inspirado** para o sangue e **retirada do CO₂ do organismo** para sua liberação ao exterior pela expiração; lembrando que o O₂ é necessário ao metabolismo energético, garantindo o funcionamento celular, e que o CO₂ gerado pelo metabolismo, por ser tóxico, deve ser removido do mesmo. O sistema respiratório deve então captar o ar (inspiração) e conduzi-lo ao local de trocas gasosas com o sangue (alvéolos do pulmão). Além disso, o aparelho respiratório atua ainda na olfação, vocalização e, em algumas espécies, na regulação térmica.

É composto por uma **porção condutora**, que compreende um sistema tubular de comunicação entre o parênquima pulmonar e o meio exterior, por onde se dá a **condução do ar** inspirado e expirado, composto por fossas nasais, nasofaringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos; e **porção respiratória**, composta por bronquíolos respiratórios, dutos alveolares e alvéolos, nos quais ocorrerão as **trocas gasosas**.

PORÇÃO CONDUTORA

Grande parte da túnica **mucosa** da porção condutora é revestida por **epitélio pseudoestratificado ciliado** com muitas células caliciformes, sendo esse revestimento chamado de **epitélio respiratório**. Dependendo da região considerada, porém, outros tipos de epitélio podem ser observados. Após o epitélio segue-se a lâmina própria-submucosa (tecido conjuntivo) que apresenta glândulas exócrinas (tubuloacinosas seromucosas), a túnica



muscular (músculo liso ou estriado esquelético em algumas regiões), que em algumas regiões pode ainda apresentar tecido ósseo ou cartilagem hialina. Por fim, observa-se a **túnica adventícia ou serosa**, dependendo da região observada.

Atenção, o nome epitélio respiratório se refere ao fato desse epitélio pseudoestratificado ser característico (mas não exclusivo!) do sistema respiratório e não que tenha qualquer função respiratória.

A **porção condutora** tem por função servir de passagem ou **conduto para levar o ar** inspirado para o interior do organismo até o local de trocas gasosas (alvéolos) e depois o ar expirado ao exterior do corpo. Além disso, a porção condutora **purifica** (remove partículas e substâncias químicas em suspensão no ar inspirado e também pode conter anticorpos), **aquece** e **umidifica o ar**, contribuindo para a **proteção** do organismo **contra** as **impurezas** (materiais sólidos, microrganismos, etc.) e o **atrito** da passagem do ar. Essa porção do sistema respiratório também é importante para a **vocalização** e **olfação** dos animais.

- Fossas nasais

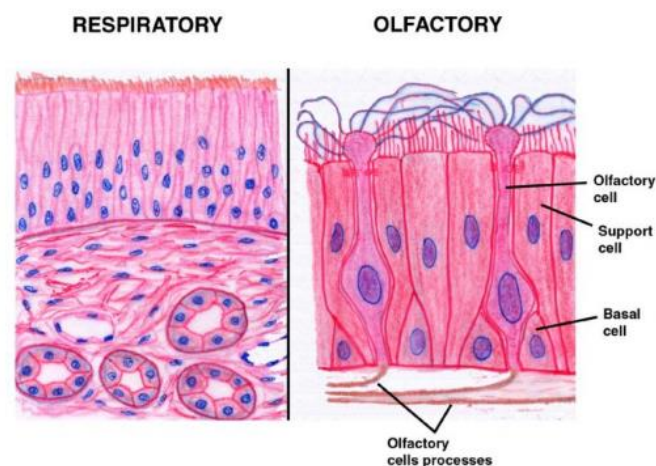
As fossas nasais são as cavidades (divididas em 2 pelo septo nasal de cartilagem hialina) de entrada e saída do ar e podem ser divididas diferentes regiões: **véstíbulo**, **área respiratória** e **área olfatória**.

O **véstíbulo** é a porção mais anterior e dilatada das fossas nasais. Possui mucosa constituída de **epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado** (similar ao da epiderme, visto que é uma continuação da pele do focinho) e sua **lâmina própria-submucosa** origina-se do tecido conjuntivo da derme. Possui pelos (vibrissas), que combinados com a secreção das glândulas sebáceas e sudoríparas existentes, formam uma **barreira** contra a entrada de partículas grosseiras presentes no ar inspirado, promovendo uma **limpeza** inicial do ar que adentra o organismo.

A **área respiratória** compreende a maior porção das fossas nasais. Sua mucosa é revestida por **epitélio respiratório** e a **lâmina própria-submucosa** contém glândulas

exócrinas mistas (serosas e mucosas) e células caliciformes. O **muco** produzido por ambas – glândulas e células caliciformes - atua como uma barreira protetora que **captura microrganismos e partículas** inertes, os quais farão sua **remoção** por meio de **batimento ciliar do epitélio respiratório**. Ainda na área respiratória, a superfície da parede lateral de cada cavidade nasal possui expansões ósseas (conchas ou cornetos) cuja lâmina própria é altamente vascularizada **aquecendo**, e **umedecendo** o ar que por ali passa.

A **área olfatória** localiza-se região superior das fossas nasais. É revestida por **epitélio respiratório** (similar ao respiratório, porém **com células olfatórias e sem células caliciformes**), responsáveis pela **sensibilidade olfatória**. Este epitélio é composto pelas células de sustentação com microvilos, células basais (células-tronco do epitélio respiratório) e **células olfatórias** (**neurônios** com dendritos dilatados e ciliados, porém imóveis, constituindo os quimiorreceptores excitáveis por substâncias odoríferas). Sua lâmina própria, além de altamente vascularizada, possui glândulas exócrinas serosas (glândulas de Bowman), que auxiliarão na limpeza dos cílios das células olfatórias, facilitando o acesso de novas substâncias odoríferas.



- Faringe

A faringe é dividida em duas regiões, separadas pelo palato mole: a **nasofaringe**, a primeira porção, **posterior à cavidade nasal**, revestida por **epitélio respiratório**; e a **orofaringe**, **posterior à cavidade oral** revestida por **epitélio estratificado pavimentoso**, dado o constante atrito com o alimento. Sob a nasofaringe á ainda a tonsila nasofaríngea, cujas células do tecido linfoide atuam no reconhecimento dos antígenos inalados e resposta imunológica.

- Laringe

Localizado entre a faringe à traqueia, suas paredes possuem estruturas cartilaginosas (hialina) irregulares, unidas entre si por tecido conjuntivo fibroelástico, que manterão o lúmen da laringe sempre aberto, garantindo a livre **passagem do ar**. Além disso, a laringe está envolvida no processo de **vocalização**. Sua **mucosa** forma dois pares de **pregas**, onde, o primeiro par constitui as falsas pregas (cordas) vocais, possuindo lâmina própria frouxa e glandular; e o segundo par, as pregas (cordas) vocais verdadeiras, possuindo um eixo de tecido conjuntivo altamente elástico, seguidos pelos músculos da laringe. A **epiglote**, localizada na parte superior da laringe, é constituída de cartilagem fibroelástica revestida pela mucosa e é importante para fechar a passagem da faringe para a laringe durante a deglutição para impedir a entrada de alimento (sólido ou líquido) do sistema digestório para o respiratório, uma vez que há comunicação entre os dois sistemas. Quando não há deglutição, a epiglote fica aberta com o ar continuamente fluindo da faringe para a laringe durante a respiração.

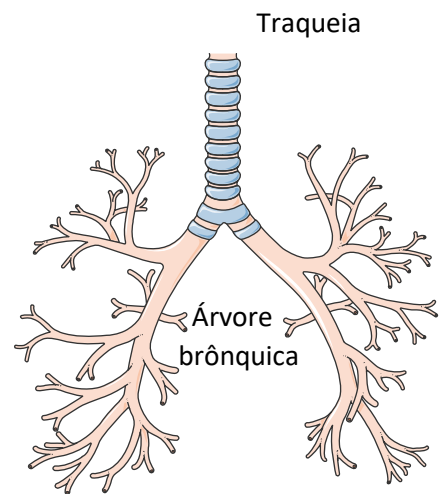
Em relação ao revestimento, com exceção da região da **epiglote e pregas vocais verdadeiras** (revestidos por **epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado**, visto que o epitélio está sujeito a atritos e desgaste), as **demais regiões** são revestidas por **epitélio respiratório**. A **lâmina própria-submucosa** é rica em fibras elásticas e contém, com exceção das pregas vocais verdadeiras, glândulas mistas

(serosas e mucosas) e fragmentos de **cartilagem hialina** e **músculos** (estriado esquelético).

- Traqueia

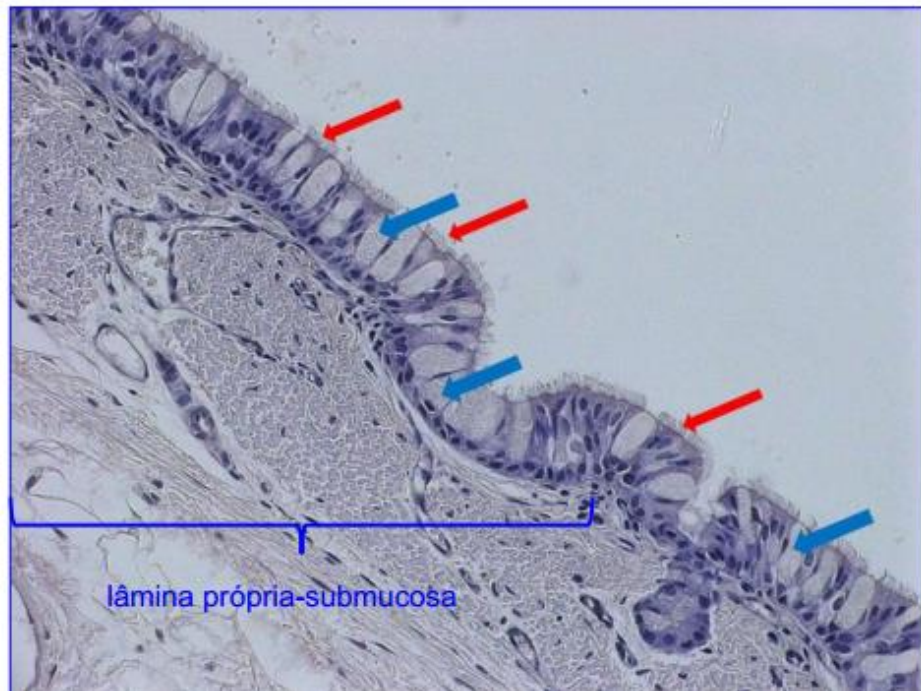
A traqueia é um órgão tubular cuja **mucosa** é revestida por **epitélio respiratório**, e consiste em uma extensão da laringe que se ramifica até os brônquios extrapulmonares. Sua **lâmina própria-submucosa** é composta por **tecido conjuntivo frouxo**, rico em fibras elásticas e **glândulas exócrinas mistas** (seromucosas), cuja secreção (das glândulas e das células caliciformes), forma uma barreira de **muco** que captura partículas inaladas.

No lugar de uma túnica muscular propriamente dita apresenta **anéis incompletos** (forma de C com a abertura voltada para a parte dorsal onde está o esôfago) de **cartilagem hialina** com extremidades fibroelásticas e feixes de **músculo liso** (músculo traqueal) que unem as porções abertas das peças cartilaginosas, impedindo excessiva distensão do lúmen, que pode ser regulada pelos feixes musculares. Externamente, a traqueia é revestida por um tecido conjuntivo frouxo, constituindo a **túnica adventícia**.



Lâmina 15 – TRAQUEIA

Mucosa (**epitélio respiratório = pseudoestratificado ciliado e caliciformes**; lâmina própria-submucosa c/ glândulas exócrinas);

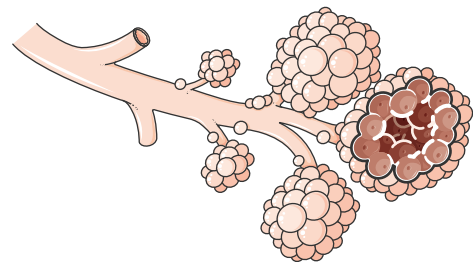


- Árvore brônquica

A árvore brônquica consiste na bifurcação da traqueia em **brônquios primários principais** ou extrapulmonares, que, no interior dos pulmões, ramificam-se novamente em **brônquios secundários** para cada lóbulo pulmonar - sendo três no pulmão direito e dois no esquerdo -, e estes brônquios, por sua vez, ramificam-se em **brônquios terciários** (ou segmentares). Os brônquios continuam se ramificando sucessivamente e ficando com diâmetro cada vez menor (como galhos de uma árvore; daí o nome árvore brônquica) e a estrutura também vai se tornando progressivamente mais simples. Na mucosa dos brônquios o **epitélio** dos **ramos maiores** é o **respiratório** ciliado e com células caliciformes e nos ramos **menores**, **colunar simples**, também ciliado e com células caliciformes.

Nestas bifurcações, pode haver formação de nódulos linfáticos, devido ao acúmulo de células de defesa na **lâmina própria-submucosa**. Além disso, na lâmina própria-submucosa há **glândulas seromucosas**, pequenos **fragmentos de cartilagem hialina** e poucas fibras de **músculo liso**. Além do **transporte de ar**, a árvore brônquica é vascularizada, **aquecendo** a ar transportado, além de **umidificá-lo** por meio da secreção serosa das glândulas e **limpá-lo** através do muco e dos cílios.

Essas bifurcações continuarão ramificando-se, dando origem aos **bronquíolos** (terminais), os quais passam a ter um **epitélio cúbico simples**, **não têm mais cartilagens** e as **glândulas exócrinas** da lâmina própria submucosa, **mas passam a ter** feixes de **músculo liso** até constituírem uma camada bem definida e desenvolvida. Em alguns casos, os bronquíolos apresentam pequenas interrupções na continuidade de suas paredes onde aparecem alvéolos, denotando o surgimento do bronquíolo respiratório, ou seja, o início da porção respiratória, onde já podem ocorrer as trocas gasosas e não apenas a condução do ar.



PORÇÃO RESPIRATORIA

A porção respiratória é aquela em que podem ocorrer as trocas gasosas, sendo constituída por bronquíolos respiratórios, dutos alveolares, sacos alveolares e alvéolos. Todas essas estruturas apresentam alvéolos que são os locais de trocas gasosas que serão descritos adiante.

- Bronquíolos respiratórios

Assim como a árvore brônquica, os bronquíolos são originados a partir de ramificações. Neste caso, a ramificação dos brônquios terciários resultará nos bronquíolos primários, os quais originarão os bronquíolos terminais, e destes os **bronquíolos respiratórios**.

Nos bronquíolos respiratórios, o epitélio é **cúbico simples** ciliado ou não, **interrompido por células pavimentosas**, que correspondem aos **alvéolos** e permitem as **trocas gasosas**.

- Ductos Alveolares

À medida que a árvore respiratória se prolonga, a continuação dos bronquíolos respiratórios dá origem aos ductos alveolares, que se estenderão até os sacos alveolares.

Estes ductos são revestidos por **epitélio pavimentoso simples** com células extremamente delgadas, **constituídos por alvéolos**, os quais são crescentes em número à medida que se aproxima dos sacos alveolares. Nas bordas dos alvéolos que constituem os ductos alveolares, a lâmina própria apresenta pequenos feixes de **músculo liso**, que quando visto em cortes histológicos, serão facilmente vistos entre alvéolos adjacentes. Estes feixes de músculo liso, porém, não estão presentes nos ductos mais distais.

Dando suporte aos dutos e alvéolos, há uma matriz extracelular rica em **fibras elásticas e reticulares** que, funcionalmente, são importantes para a distensão e contração durante a respiração, no caso das fibras elásticas; e de suporte, pelas fibras reticulares, para os finos capilares sanguíneos interalveolares e parede dos alvéolos, impedindo a distensão excessiva.

- Sacos alveolares e alvéolos

Dando sequência ao ducto alveolar, teremos conjuntos de alvéolos (sacos alveolares) ou alvéolos individuais. Encontrados nos bronquíolos, ductos e sacos alveolares, os alvéolos são diminutas bolsas delimitadas por **epitélio pavimentoso simples**, constituídos por **pneumócitos tipo I**, e são os responsáveis pela aparência esponjosa do parênquima pulmonar. O epitélio **entre dois alvéolos adjacentes** é apoiado em **tecido conjuntivo com pequenos capilares**, formando um septo

interalveolar. Este septo consiste em duas camadas de pneumócitos tipo I separadas por tecido conjuntivo contendo fibras reticulares e elásticas, substância fundamental amorfa, células do conjuntivo e rede de capilares sanguíneos, sendo esta a rede capilar mais rica do organismo.

Calcula-se que os pulmões (estimativa em humanos) contenham cerca de 300 milhões de alvéolos, o que aumenta consideravelmente a superfície de troca gasosa (70-80 m²), ocupando um espaço relativamente pequeno da caixa torácica em relação à superfície. A **troca de O₂** do ar alveolar para o sangue capilar dá-se por **difusão**, onde o oxigênio no ar atravessa o pneumócito I, a membrana basal subjacente e depois a célula endotelial da parede do capilar, enquanto o **CO₂** difunde-se do mesmo modo em sentido contrário. Assim, os gases atravessam duas células pavimentosas extremamente estreitas com pouquíssimo citoplasma (pneumócito I do alvéolo e endotélio do capilar) e uma finíssima membrana basal entre as células, permitindo que a troca seja bastante rápida entre os ambientes (ar alveolar e sangue). No alvéolos existem ainda poros em sua parede para acelerar a passagem do ar e preenchimento dos pulmões para as trocas gasosas.

Nos alvéolos existem ainda os **pneumócitos tipo II** são células epiteliais mais volumosas, ovaladas, menos numerosas que os pneumócitos tipo I. Essas células são responsáveis pela produção da **substância surfactante**, essencial na **diminuição da tensão superficial alveolar**, de forma a evitar que os alvéolos colabem (se fechem) com a saída do ar, devido à umidade ali presente, diminuindo dessa forma o esforço para a respiração (inspiração e expiração). Também são observados **macrófagos** (células fagocitárias do sistema imune) para remoção de eventuais materiais ou microrganismos que tenham alcançado os alvéolos.

Os **pulmões** são então constituídos de **alvéolos** (individuais, em sacos alveolares, em dutos alveolares e nos bronquíolos respiratórios) envolvidos por uma extensa **rede de capilares** recobrimo os alvéolos para a rápida realização das **trocas**

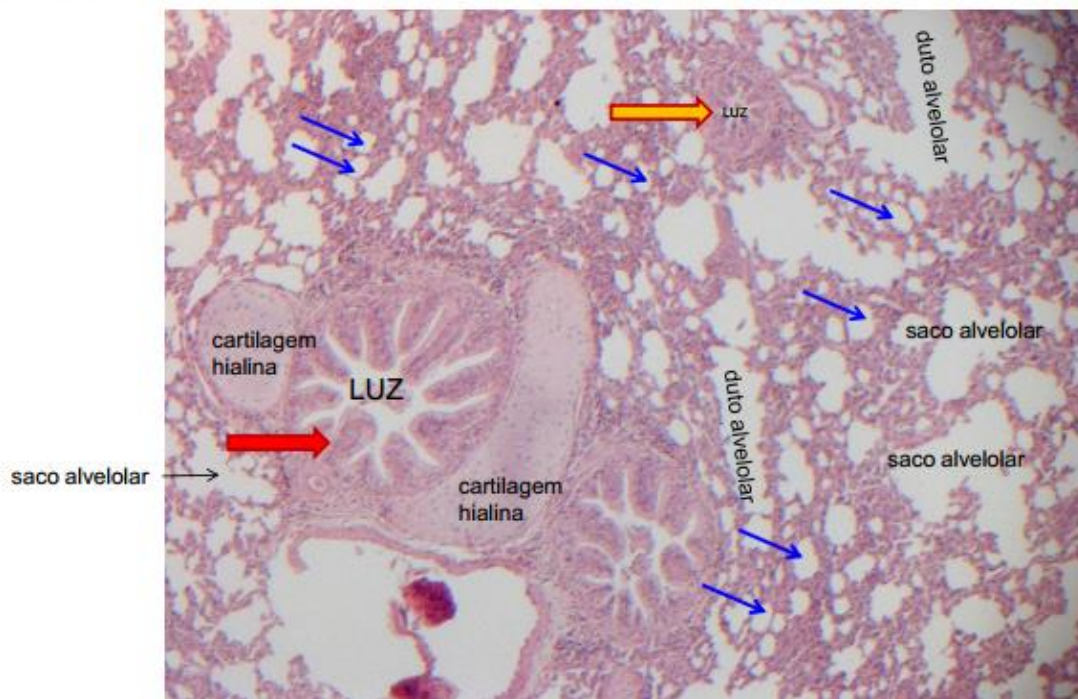
gasosas. Além disso, há em seu interior as ramificações de diferentes tamanhos de brônquios e bronquíolos (árvore brônquica) e nódulos linfáticos (agrupamentos de células do tecido linfoide como parte do sistema de defesa imunitária). Sua parede externa, de forma similar ao coração, também é recoberta de uma dupla serosa (mais **interna** folheto ou pleura **visceral** e mais **externa** folheto ou pleura **parietal** com pequena quantidade de **líquido lubrificante** entre elas), chamada **pleura**. A pleura forma uma espécie de bolsa que permite o contínuo movimento dos pulmões no interior da caixa torácica, reduzindo o atrito durante os movimentos respiratórios.

Lâmina 44 (caixa pequena) – PULMÃO

Brônquios = epitélio respiratório, placas de cartilagem hialina; pode ter glândulas; fibras esparsas de músculo liso

Bronquíolos = epitélio cúbico simples, sem cartilagem ou glândulas; mais fibras musculares (liso);

Alvéolos – epitélio pavimentoso simples de pneumócitos I; pneumócitos II produzem substância surfactante



DIFERENÇAS ENTRE BRÔNQUIOS E BRONQUÍOLOS

	Brônquios	Bronquíolos
CARTILAGEM	Fragmentos	Ausentes
GLÂNDULAS NA SM	Presentes	Ausentes
EPITÉLIO	Respiratório	Cúbico simples
FIBRAS MUSCULARES	Poucas	Muitas